

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-186117

(43) 公開日 平成8年(1996)7月16日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/321 21/60	3 0 1 G 3 1 1 Q	9169-4M 9169-4M	H 0 1 L 21/ 92 6 0 4 K 6 0 2 R	
			審査請求 未請求 請求項の数12	○ L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-327955

(22) 出願日 平成6年(1994)12月28日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 小野 正浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 別所 芳宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 戸村 徳広

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

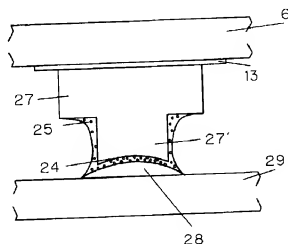
(74) 代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ワイヤボンディング装置用キャピラリーとパンプの形成方法

(57) 【要約】

【目的】 半導体装置をスクリーン印刷やメッキ等によって形成された回路基板の端子電極上へ、接合層を介してフェイスダウン実装する際に、半導体装置のパンプの先端部と回路基板の端子電極とを信頼性よく電気的に接続する。

【構成】 半導体装置6のパンプの先端部に湾曲面24が形成されており、接合層を介して回路基板29の出力端子電極28にフェイスダウン実装されている。このことによって、接合層の厚みを最も薄く均一なものにでき、接続部の接続抵抗が低く、信頼性の高い電気的接続と接合を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の電極パッド上にバンパを形成するためのボールボンディング用のキャビラリーであって、前記キャビラリーは、金属ワイヤのボール状の先端部を電極パッドに対して押し、前記ボール状先端部を前記電極パッド上に圧着させる押圧部材と、前記押圧部材に設けられた、前記金属ワイヤを供給するための導出孔と、前記電極パッド上に形成されたバンパの先端部に凹型状に湾曲した面を設けるためのレベリング部材とを備えたワイヤボンディング装置用のキャビラリー。

【請求項2】 押圧部材は、キャビラリーの下端面（第1の下端面）を含んでおり、レベリング部材は、バンパを押圧する第2の下端面を有し、前記第2の下端面が凸状の湾曲面を有している請求項1に記載のワイヤボンディング装置用のキャビラリー。

【請求項3】 回路基板の表面の端子電極と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装される半導体装置の電極パッドとを電気的に接続するためのバンパであって、前記半導体装置の電極パッド上に形成された、先端部に凹型状に湾曲した面を有するバンパ。

【請求項4】 ワイヤボンディング装置を用いて、回路基板の表面の端子電極と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装される半導体装置の電極パッドとを電気的に接続するためのバンパを形成する方法であって、前記バンパを前記半導体装置の電極パッド上に形成する工程aと、金属ワイヤを切除すると同時に、前記バンパの先端部に凹型状に湾曲面を形成する工程bとを含むことを特徴とする湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項5】 工程bは、バンパの先端部形状を揃えるために前記バンパをレベリングする工程を含むことを特徴とする請求項4記載の湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項6】 バンパは、Au、Cu、Al、半田またはこれらのいずれかを含む合金から形成されていることを特徴とする請求項4記載の湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項7】 工程aは、ボールボンディング法によってバンパを電極パッド上に形成することを特徴とする請求項4記載の湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項8】 回路基板の表面の端子電極と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装される半導体装置の電極パッドとを電気的に接続するためのバンパを形成する方法であって、前記バンパを前記半導体装置の電極パッド上に形成する工程と、前記バンパの先端部に凹型状の湾曲面を凸型状の湾曲面をもつ治具を用いて形成する工程からなることを特徴とする湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項9】 バンパは、メッキ法、ワイヤボンディング法などによって電極パッド上に形成されることを特徴とする請求項8記載の湾曲面を有するバンパの形成方法。

【請求項10】 表面に端子電極を有する回路基板と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装された半導体装置とを有する半導体ユニットであって、前記半導体装置は、電極パッドと、前記電極パッドと前記端子電極とを電気的に接続するためのバンパとを有し、前記バンパの先端部に湾曲面が形成され、前記バンパの先端部と前記端子電極との間に接合層が形成されていることを特徴とする半導体ユニット。

【請求項11】 接合層は、導電性接着剤から形成されることを特徴とする請求項10記載の半導体ユニット。

【請求項12】 接合層は、異方性導電材から形成されることを特徴とする請求項10記載の半導体ユニット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ワイヤボンディング装置用のキャビラリー、それを用いることによる、回路基板の端子電極と半導体チップの電極パッドとを電気的に接続するための湾曲面を有するバンパおよびバンパの形成方法およびそのバンパを用いた半導体ユニットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のワイヤボンディング装置用のキャビラリーは、マイクロスイズ社のボンディングハンドブックやキャビラリーカタログなどに記載されている。

【0003】 図10(a)はワイヤボンディング装置用のキャビラリーの先端部を示し、図10(b)はキャビラリーの先端部の形状をより詳細に示している。

【0004】 図10(a)に示されるように、円筒形のキャビラリー81は、内部にボンディング用の金属ワイヤを挿入するためのワイヤ導出孔82を有している。ワイヤ導出孔82の大きさは、 $2.5\text{mm}\phi \sim 5.0\text{mm}\phi$ の程度である。キャビラリー81の先端部の外側に、ボンディングする間隔とボンディング後の金属ワイヤの形状および大きさを考慮し、 30° 程度の角度 α がつけられている。

【0005】 $2.5\text{mm}\phi$ 程度の金属ワイヤを用いる場合のキャビラリー81の先端部の形状が図10(b)に示されている。この場合、ホール径： 3.8mm 、チップ径： 20.3mm 、およびチャンファ径： 7.4mm である。このようなキャビラリー81を用いることによって半導体装置の電極パッド上にバンパを形成したり、他の回路基板の端子電極への電気的接続を行うことができる。

【0006】 次に、ワイヤボンディング用のキャビラリーを用いて、ボールボンディング法によって半導体装置のバンパを形成する従来の方法を説明する。特開平2-34949号公報には、2段突出形状の電気的接続バンパ（以下2段バンパという）、従来のキャビラリーを用いた2段バンパの形成方法が示されている。

【0007】 図11(a)～(d)は、従来のボールボ

ンディング法によって、2段バンパを形成する方法を示している。

【0008】図11(a)に示すように、キャビラリ-81のワイヤ導出孔82に25 μ mの金属ワイヤ84を通す。そして、金属ワイヤ84の先端に、熱エネルギーを与えることにより、金属ワイヤ84の径の約2~3倍の径を有するボール85を形成する。

【0009】次に、図11(b)に示すように、キャビラリ-81を降下させることにより、金属ワイヤ84の先端に形成されたボール85を、ICチップ86の電極パッド183に当接させる。熱圧着の方法や超音波振動を与えることによってボール85を電極パッド183に固着させ、2段バンパの底部89を形成する。

【0010】そして、図11(c)に示すように、2段バンパの底部89と、キャビラリ-81のワイヤ導出孔82に通された金属ワイヤ84とがつながった状態のまま、キャビラリ-81をICチップ86に対してループ状に移動させる。キャビラリ-81は、まず、2段バンパの底部89上方に垂直に上昇してからループ状軌道を描くように移動し、その後、垂直に降下しながら、金属ワイヤ84を切断する。

【0011】図11(d)に示されるように、キャビラリ-81のループ状の運動により、底部89の上には金属ワイヤ84がリング状または逆U字状に形成される。この部分が2段バンパの頂部88を形成する。キャビラリ-81のエッジ部分182によって金属ワイヤ84が切断されることにより、2段バンパが形成される。

【0012】この2段バンパをレベリングした(高さを揃えた)ものの概略断面図を図12に示す。

【0013】それから、実装方法の従来例について以下に述べる。従来、回路基板の入出力端子電極に半導体装置を実装する際には、半田付けを用いたワイヤボンディング方法がよく利用されてきた。しかし、近年、半導体装置のパッケージの小型化と接続端子数の増加により、接続端子の間隔が狭くなり、従来の半田付け技術で対処することが次第に困難になってきた。

【0014】そこで、最近では集積回路チップ等の半導体装置を回路基板の入出力端子電極上に直接実装することにより、実装面積を小型化して効率的な使用を図ろうとする方法が提案されてきた。

【0015】なかでも、半導体装置を回路基板にフェイスダウン状態でフリップチップ実装する方法は、半導体装置と回路基板との電気的接続が一括してできること、および接続後の機械的強度が高いことから有用な方法であるとされている。

【0016】例えば、工業調査会、1980年1月15日発行、日本マイクロエレクトロニクス協会編、「IC化実装技術」には、半田めっき法を用いた実装方法が記載されている。この実装方法を以下に説明する。

【0017】図13は従来の半導体装置の半田バンパの

概略断面図(a)および半導体ユニットの概略断面図(b)を示す。図13に示されるように、半導体装置(IC基板)116の電極パッド113を図(b)に示す回路基板119の入出力端子電極118に接続する場合に、まず半導体装置(IC基板)116の電極パッド113上に密着金属膜112および拡散防止金属膜111を蒸着法によって形成し、さらに、この上に半田からなる電気的接続接点(以下、半田バンパという)110をメッキ法により形成する。次に、このようにして形成されたICチップを、図13(b)に示されるようにフェイスダウン状態で、半田バンパ110が入出力端子電極118上に当接するように位置合わせを行い、回路基板119上に配置する。その後、この半導体装置の実装体(半導体ユニット)を高温に加熱することにより、半田バンパ110を回路基板119の入出力端子電極118に融着する。

【0018】また、最近では図14の導電性接着剤を用いた半導体ユニットの概略断面図に示されるように、半導体装置(IC基板)126の電極パッド123上にワイヤボンディング法またはメッキ法により電気的接続接点(Auバンパ)120を形成し、このAuバンパ120を導電性接着剤(接合層)125を介して回路基板129の入出力端子電極128に接続するような半導体ユニットも提案されている。このような半導体ユニットにおいては、半導体装置126のAuバンパ120に導電性接着剤125を転写してから、回路基板129の入出力端子電極128にAuバンパ120が当接するように位置合わせをし、導電性接着剤125を硬化して電気的接続を得ている。

【0019】【発明が解決しようとする課題】上記のような従来のキャビラリ-および従来のバンパおよびバンパ形成方法は、半導体装置にバンパを形成する工程と、形成したバンパをさらに整形するためのレベリング工程とを要するためにコストがかかる。また、レベリングを行うための装置も別途必要である。しかし、レベリング工程を省くことは好ましくない。それは、ボールボンディング法によって形成されたバンパの頂部88は、リング状や逆U字型の形状をしているので、頂部88の端面の面積が小さいため、回路基板の端子電極との接触面積が小さい。また、バンパの高さのパラッキも大きいので、そのまま実装したのでは信頼性の高い接続を行うことはできない。さらに、導電性接着剤を接合層に用いる場合には、レベリング前のバンパの上記のような形状では、バンパ先端部への導電性接着剤の転写量が少なく、転写量のバラッキも大きいことから、導電性接着剤硬化した後の接着強度が小さいので接着の信頼性が低く接続抵抗値も大きくなってしまう。

【0020】回路基板上的の端子電極はスクリーン印刷やメッキ法によって形成されているため、端子電極の断面

形状が凸状に湾曲している。そのため、半導体装置の凸状または平坦な先端部を設けたパンプを端子電極に接合層を介して接続すると、端子電極の湾曲面の頂点とパンプの先端部との間のみが電氣的接続抵抗が一番小さくなる。よって、位置合わせ時にずれが生じた場合には、パンプと端子電極の距離が離れてしまい、接続抵抗値が増大する。また、接続部も不安定になる。

【0021】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、半導体装置と回路基板とを、容易に、信頼性よく、電氣的に安定に接続することを可能とするワイヤボンディング装置用のキャピラリー、それを用いた回路基板の端子電極と半導体チップの電極パッドとを電氣的に接続するための湾曲面を有するパンプおよびパンプの形成方法およびそのパンプを有する半導体ユニット（実装体）を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明によるパンプの形成方法は、回路基板の表面の端子電極と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装される半導体装置の電極パッドとを電氣的に接続するためのパンプを形成する方法であって、前記パンプを前記半導体装置の電極パッド上に形成する工程aと、前記パンプの先端部に湾曲面を形成する工程bとを含むことを特徴とする。

【0023】本発明による半導体ユニットは、表面に端子電極を有する回路基板と、前記回路基板の表面上にフェイスダウン状態で実装された半導体装置とを有する半導体ユニットであって、前記半導体装置は、電極パッドと、前記電極パッドと前記端子電極とを電氣的に接続するためのパンプとを有し、前記パンプの先端部に湾曲面が形成され、前記パンプの先端部と前記端子電極との間に接合層が形成されていることを特徴とする。

【0024】

【作用】本発明は、パンプの先端部に凹型状の湾曲面を形成することによって、パンプの湾曲面が端子電極の曲面に面して接続するため、パンプと端子電極との接続距離が短縮されることになり、電氣的導通が向上する。また、パンプが安定に形成されるため、接着強度が増強され、信頼性が極めて向上する。

【0025】

【実施例】以下に、本発明の各実施例を図面に基づき説明する。

【0026】（実施例1）図1（a）は本発明の第1の実施例におけるワイヤボンディング用のキャピラリーの先端部の概略断面図である。図1（b）は、キャピラリーの先端部の形状をより詳細に示している。

【0027】図1（a）に示されるように、円筒形のキャピラリー1は、その先端部の外周部に設けられた、レベリング部材である突出部3を有している。キャピラリー1は、セラミックあるいは人工ルビーにより作られて

いる。突出部3の下端面（レベリング面）15は、凸型状の湾曲面を持っており、キャピラリー1の先端のフェイス11からの高さが所定の値であるように設けられている。下端面15の大きさは、ボンディングピッチおよび成形すべきパンプの先端径の大きさに応じて設定することができる。また、キャピラリー1の先端部の外周は、ボンディングする間隔とボンディング後の金属ワイヤ（あるいはパンプ）の形状および大きさを考慮し、 $10 \sim 30^\circ$ 程度の角度 α がつけられている。

【0028】図1（b）に示されるように、 $25 \mu\text{m}$ 程度の金属ワイヤを用いる場合、キャピラリーの先端部の形状は、ホール径： $38 \mu\text{m}$ 、チップ径： $203 \mu\text{m}$ 、およびチャンファ径： $74 \mu\text{m}$ である。

【0029】図2は本発明の第1の実施例における半導体装置のパンプの正面図であり、これは半導体装置の一部分における複数の電氣的接続点のうちの1つを示している。図2に示すように、半導体装置（以下、IC基板という）6の上に突起電極（以下、パンプという）27が形成されている。このパンプ27の先端部には凹型状の湾曲面24が設けられている。本実施例において、パンプ27は、図2に示されるように第1のパンプ27の上とそれより小さい第2のパンプ27'を有しており、2段になった突起状の形状をしている（以下、単にパンプ27という）。

【0030】図3（a）～（f）は本発明の第1の実施例におけるボールボンディング法によって、ICチップ6の上に形成された電極パッド13の上に、キャピラリー1を用いて2段パンプを形成する方法の概略を示している。

【0031】図3（a）に示すように、キャピラリー1のワイヤ導出孔2に $25 \mu\text{m}$ 程度の金属ワイヤ4を通す。そして、金属ワイヤ4の先端に、熱エネルギーを与えることにより、金属ワイヤ4の径の約2～3倍の径を有するボールスを形成する。

【0032】次に、図3（b）に示すように、キャピラリー1を降下させることにより、金属ワイヤ4の先端に形成されたボールスを、ICチップ6の電極パッド13に当接させる。熱圧着の方法や超音波振動を与えることによりボールスを電極パッド13に固着させ、2段パンプの底部9を形成する。

【0033】そして、図3（c）に示すように、2段パンプの底部9と、キャピラリー1のワイヤ導出孔2に通された金属ワイヤ4とがつながった状態のまま、キャピラリー1をICチップ6に対してループ状に移動させる。キャピラリー1は、まず、2段パンプの底部9上方に垂直に上昇してからループ状軌道を描くように移動する。

【0034】図3（d）に示されるように、キャピラリー1がICチップ6に対してループ状に運動することにより、底部9の上には金属ワイヤ4がリング状または逆

U字状に形成される。

【0035】その後、キャビラリー1のエッジ部分12が2段バンパの底部9の外周に位置するようにキャビラリー1を移動させ、垂直に下降しながらエッジ部分12によって金属ワイヤ4を切断する。キャビラリー1はそのまま降下を続け、キャビラリー1の外周部に設けられた突出部分3の下端面15によって2段バンパを押圧整形する。このとき、キャビラリー1は、そのフェイス11が電極パッド13に当接するまで下降する(図3(e)参照)。

【0036】また、図3(f)に示されるように、正面から見たときにも湾曲面が形成されているようにキャビラリーの下端面15が作られていてもよく、湾曲面の形成される方向は問わない。

【0037】次に図4は本発明の第1の実施例における半導体装置を回路基板上に実装した半導体ユニットの一部断面図である。図4に示すように、上記の工程で得られた半導体装置(1C基板)6のバンパの先端部の湾曲面24に、接合層としての導電性接着剤25を転写法や印刷法によって塗布する。本実施例において、2段突起状のバンパを用いることにより、必要量以上の導電性接着剤25がバンパ先端部に付着するのを防ぎ、適量の導電性接着剤25を塗布することができ、しかし、バンパは、先端部に湾曲面24を有していれば、その形状は特に制限されるものではない。

【0038】このことによって、接合層の厚みを最も薄く均一なものとでき、接続部の接続抵抗が低く、信頼性の高い電気的接続と接合を実現できる。

【0039】(実施例2)図5(a)~(c)は本発明の第2の実施例における、1Cチップ6の上の電極パッド13の上に形成されたバンパの先端部に、先端部に凸型状の湾曲面41をもった治具を用いて凸型状の湾曲面24を形成する方法の概略を示している。

【0040】図5(a)は1Cチップ6の上の電極パッド13の上に形成された2段バンパである。このバンパの先端部に凸型状の湾曲面41をもった治具を用いて押圧することによって、バンパの先端部に凹型状の湾曲面24を形成する。このとき、図5(b)、(c)に示すように、湾曲面の形成される方向は問わない。

【0041】この形成方法を用いても、図4に示す半導体ユニットが得られる。

(実施例3)図6は半田メッキバンパを用いた場合における本発明の第3の実施例におけるバンパの先端部に凹型状の湾曲面をもつ半導体装置の断面図(a)と、半導体装置を回路基板上に実装した半導体ユニットの一部断面図(b)である。

【0042】(実施例4)図7は1段突起状のバンパを用いた場合における本発明の第4の実施例におけるバンパの先端部に凹型状の湾曲面をもつ半導体装置の断面図(a)と、半導体装置を回路基板上に実装した半導体ユ

ニットの一部断面図(b)である。

【0043】(実施例5)図8は実施例1、2で得られた半導体装置を異方性導電材を界して回路基板上に実装した半導体ユニットの一部断面図である。

【0044】(実施例6)図9は実施例1、2で得られた半導体装置を、半導体装置と回路基板の間隙以上の厚みをもった異方性導電材を界して回路基板上に実装した半導体ユニットの一部断面図である。

【0045】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、特殊なバンパの構造や製造方法に限られることなく、通常のボールボンディング法やメッキ法等を用いて形成されたバンパの先端部に、容易に湾曲面を形成することができ、実用上において極めて汎用性が高い。

【0046】さらに、本発明により、半導体装置のバンパの先端部に湾曲面を形成することにより、バンパと回路基板上の端子電極との境界面間の接合距離を短縮し、電気的導通性を向上させることができる。これによって接合強度を増し、さらに、より確実に信頼性の高い電気的接続を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】(a)は本発明の第1の実施例におけるワイヤボンディング装置用のキャビラリーの先端部の概略断面図

(b)はキャビラリーの先端部の形状の詳細図

【図2】本発明の第1の実施例における半導体装置の2段突起状のバンパの正面図

【図3】本発明によるキャビラリーを用いて2段バンパを形成する方法の概略を示す工程図

30 【図4】本発明によって形成された2段バンパを有する半導体装置を、回路基板上に導電性接着剤によって実装された半導体ユニットを示す断面図

【図5】本発明の第2の実施例における、凸型状の治具を用いてバンパの先端部に凹型状の湾曲面を形成する方法の概略図

【図6】(a)および(b)は、本発明の第3の実施例におけるメッキバンパを有する半導体装置を、回路基板上に導電性接着剤によって接合する前の状態および実装された半導体ユニットを示す断面図

【図7】(a)および(b)は、本発明の第4の実施例における1段バンパを有する半導体装置を、回路基板上に導電性接着剤によって接合する前の状態および実装された半導体ユニットを示す断面図

【図8】本発明の第1、2の実施例における2段バンパを有する半導体装置を、回路基板上に異方性導電材によって実装した半導体ユニットを示す断面図

【図9】本発明の第1、2の実施例における2段バンパを有する半導体装置を、回路基板上に異方性導電材によって実装した図8と異なる半導体ユニットを示す断面図

図

【図10】(a)は従来のワイヤボンディング装置用のキャピラリーの先端部の概略断面図

(b)は従来のキャピラリーの先端部の形状の詳細図

【図11】従来のキャピラリーを用いたボールボンディング法によって2段バンパを形成する方法の概略を示す工程図

【図12】従来のボールボンディング法によってレベリングされたバンパの典型的な形状を示す概略断面図

【図13】(a)は従来の半導体装置の半田バンパの概略断面図

(b)は従来の半導体ユニットの概略断面図

【図14】従来の導電性接着剤を用いた半導体ユニットの概略断面図

【符号の説明】

- 1 キャピラリー
- 2 ワイヤ導出孔
- 3 突出部
- 4 金属ワイヤ
- 5 ボール
- 6 ICチップ(半導体装置)
- 7 バンパ
- 8 バンパの頂部
- 9 バンパの底部

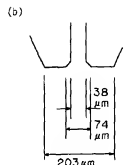
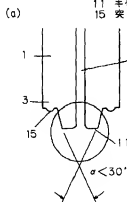
- 11 キャピラリーのフェイス
- 12 キャピラリーのエッジ
- 13 電極パッド
- 15 突出部の下端面
- 24 バンパの先端部
- 25 導電性接着剤
- 27, 27' 突起電極(バンパ)
- 28 入出力端子電極
- 29 回路基板
- 41 凸型治具
- 42 凸型治具の突出部の下端面
- 60 電気的接続接点(半田バンパ)
- 61 金属膜
- 63 電極パッド
- 66 ICチップ(半導体装置)
- 68 入出力端子電極
- 69 回路基板
- 70 突起電極(バンパ)
- 73 電極パッド
- 76 ICチップ(半導体装置)
- 78 入出力端子電極
- 79 回路基板

【図1】

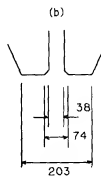
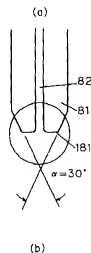
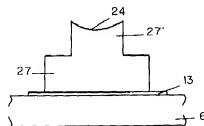
【図2】

【図10】

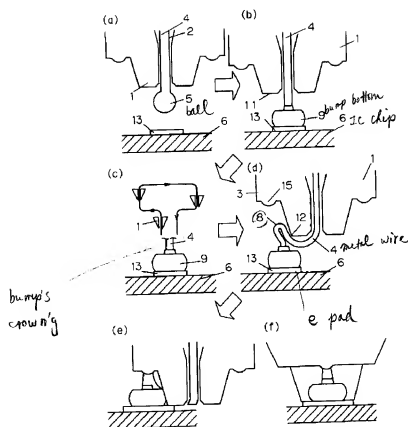
- 1 キャピラリー
- 2 ワイヤ導出孔
- 3 突出部
- 11 キャピラリーのフェイス
- 15 突出部の下端面



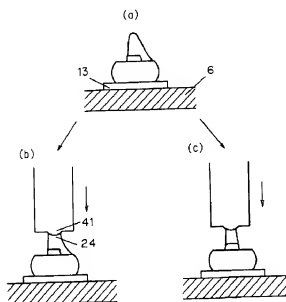
- 6 ICチップ
- 13 電極パッド
- 24 バンパの先端部
- 27, 27' 突起電極



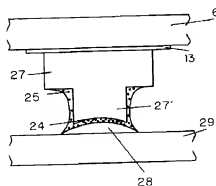
【図3】



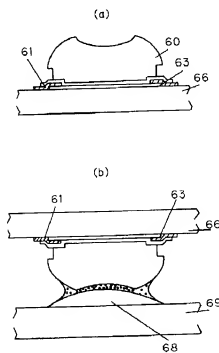
【図5】



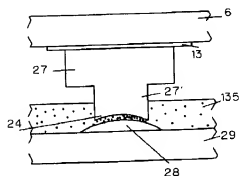
【図4】



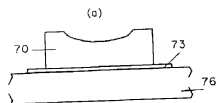
【図6】



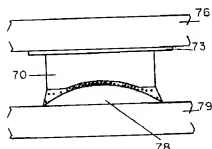
【図8】



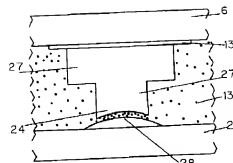
【図7】



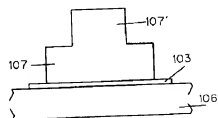
(b)



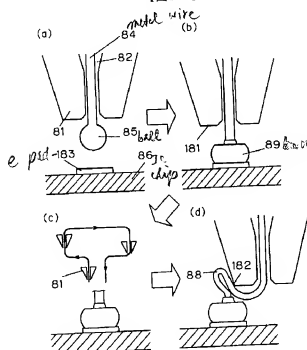
【図9】



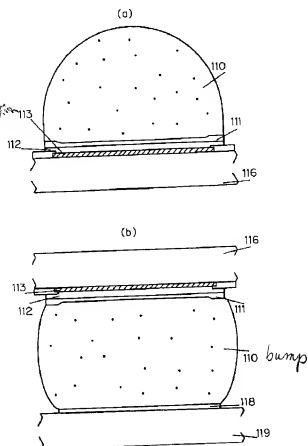
【図12】



【図11】



【図13】



【図14】

